

ствами собственных функций интегрального оператора - интеграла Кирхгофа. Это позволило обосновать следующие новые факты в теории антенн:

1. Доказана независимость углового положения максимума главного луча ДН от характера амплитудного распределения только в единственном случае – линейного или синфазного закона фазового распределения поля.
2. С помощью ортогональных фазовых возмущений, описываемых высшими гармониками, решается задача «стандартных» искажений ДН – избирательного подавления боковых апертурных лепестков ДН.
3. В плоском антенном раскрыве с произвольным амплитудным распределением могут быть выделены локализованные отдельные зоны, несущие максимальную ответственность за определенные стандартные искажения ДН.
4. Минимальная крутизна фазовых характеристик ДН в дальней зоне обеспечивается лишь в том случае, когда условный или частичный фазовый центр совпадает с центром тяжести амплитудного распределения поля в раскрыве антенн.
5. При воздействии широкополосных помех на линейные и плоские ФАР с произвольным амплитудным распределением поля в раскрыве определена связь между шириной спектра помехи и величиной секторного провала в ДН, обеспечивающего подавление этой помехи.
6. Впервые доказана принципиальная невозможность подавления дифракционных лепестков в ДН разреженных эквидистантных ФАР с помощью любых фазовых распределений поля в раскрыве.
7. На основе метода АОП предложен способ построения неэквидистантных ФАР, сводящийся к расстановке элементов в нулях или экстремальных точках ортогональных многочленов линейного или плоского раскрыва.
8. Предложен способ формирования провалов в ДН остронаправленных апертурных антенн с помощью пассивных рассеивателей, размещаемых внутри зеркальной поверхности.

Приведенные выше новые теоретические положения в антенной технике уже нашли и находят применение в ряде практических задач, связанных с разработкой и созданием новых радиотехнических систем различного назначения.

Литература

1. Зелкин Е.Г., Кравченко В.Ф., Гусевский В.И. Конструктивные методы аппроксимации в теории антенн. М.: Сайнс-пресс, 2005.
2. Гусевский В.И., Гнедак П.В., Довбня И.С. и др. Формирование нулей в диаграммах направленности зеркальных антенн с помощью пассивных рассеивателей. Радиотехника №1, 2009 г., с. 9-13.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКЕ КОМПОЗИЦИОННОЙ ПЛАНАРНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ

А.И. Киреева, И.П. Руденко, Т.В. Филичѐва

(Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, alexasia3125@mail.ru)

WAVEGUIDE PROCESSES IN THE ELEMENTARY CELL OF COMPOSITIONAL PLANAR PERIODIC LAYERED STRUCTURE

A.I. Kireyeva, I.P. Rudenok, T.V. Filitcheva

В докладе исследовано распространение волн в планарных периодических слоистых структурах со сложной внутренней средой. Несмотря на достигнутые успехи в области создания

и применения в оптоэлектронике и интегральной оптике слоистых периодических структур из анизотропных материалов различной физической природы с меняющимися характеристиками во времени и пространстве (диэлектрики, полупроводники, холестерические жидкие кристаллы, проводники, искусственные опалы и т.д.) и простейших композиционных материалов на их основе, самому явлению распространения волн посвящено мало работ. Исследование спектра направляемых волн таких структур проведено в основном для анизотропных и бианизотропных сред с постоянными характеристиками или частными случаями, когда главные оси тензора диэлектрической проницаемости совпадают с осями системы координат, связанными с конфигурацией структуры. Это объясняется большими математическими трудностями и сложной физической интерпретацией результатов. Приведём несколько примеров. Холестерический жидкий кристалл представляется структурой из молекул, которые расположены в тонких анизотропных слоях. Слои повернуты относительно друг друга на малый угол. В итоге формируется спиральная геометрия с очень высоким коэффициентом поворота $6 \cdot 10^4$ град/мм (обычные ограничения жидкости имеют $3 \cdot 10^2$ град/мм). Тензор диэлектрической проницаемости таких и им подобных искусственных кристаллов запишем в виде:

$$\vec{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 + q \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(n\alpha z) & q \sum_{n=0}^{\infty} b_n \sin(n\alpha z) & 0 \\ q \sum_{n=0}^{\infty} b_n \sin(n\alpha z) & \varepsilon_0 - q \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(n\alpha z) & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_1 \end{bmatrix},$$

где $\alpha = \frac{4\pi}{\lambda^*}$, λ^* - шаг спирали. Он представляется эллипсоидом с главными осями ε_1 (параллельно оси z); $\varepsilon_0 + q$; $\varepsilon_0 - q$. Эллипсоид движется по спирали вокруг оси z с шагом λ^* . Величины ε_0 , ε_1 , α характеризуют конкретный кристалл. Как правило λ^* составляет около 1 мкм.

Ещё больше трудностей возникает для композиционных периодических структур, у которых элементы тензоров диэлектрической и магнитной проницаемости зависят от пространственных координат или от времени. Проблемы анализа таких структур, кроме возрастающей трудоёмкости вычислений при использовании численных методов для всех элементарных ячеек, состоят и в строгом и корректном решении волновых уравнений в пределах отдельных слоёв со сложной средой, осложнённом наличием точек ветвления. Это соответствует, в общем случае, комплексным элементам тензора диэлектрической проницаемости (магнитной проницаемости), действительная и мнимая части которых могут изменяться по конкретным законам. Используемые в большинстве опубликованных работ методы из-за этого в значительной мере формальны и в них используются функции, не имеющие прямого физического смысла.

С учётом отмеченного ранее проводится исследование поведения волновых чисел направляемых волн в элементарной ячейке периодической структуры, состоящей из двух конечных слоёв, окружённых внешними градиентными слоями. Основные волноведущие анизотропные слои имеют в общем случае произвольную ориентацию главных осей тензора диэлектрической проницаемости, что влечёт за собой появление собственных гибридных волн дискретного спектра. Полагаем, что направляемые волны распространяются вдоль оси z . Распределения диэлектрической проницаемости всех слоёв ячейки зависят от координаты x , а амплитуды электрического и магнитного векторов не зависят от поперечной к направлению распространения волн координаты y . В качестве невозмущённой может быть структура, в которой вся ячейка градиентная с различными профилями диэлектрической проницаемости, или волноведущая структура, в которой центральные слои ячейки с тензорами диэлектрической проницаемости, главные оси которых совпадают с осями выбранной системы координат, а элементы этих тензоров зависят от поперечной координаты x .

В такой постановке задачи получены системы связанных квазидифференциальных уравнений относительно поперечных составляющих электрического и магнитного полей. Это говорит о том, что волны основных слоёв ячейки возможной периодической структуры содержат все компоненты электрического и магнитного векторов и представляют собой сложную по свойствам спектральную систему. Используя выражения для составляющих электрического и магнитного полей и граничные условия в слоях ячейки, получены дисперсионные уравнения как вблизи критических условий, так и вдали от них. При этом электромагнитное поле в градиентных слоях представляется суммой поверхностных электрических и магнитных волн. Изучены зависимости внутренних и внешних поперечных и продольных волновых чисел волн основных волноведущих слоёв от их приведённых поперечных размеров для различных поперечных пространственных профилей элементов тензоров их диэлектрических проницаемостей. Отдельно исследовано влияние параметров градиентности диагональных и недиагональных компонент тензоров диэлектрической проницаемости для выявления механизма появления гибридных волн. На основе этого проведён анализ продольных волновых чисел гибридных волн от угла между оптической осью и направлением распространения волн. Показано, что для необыкновенной гибридной волны поверхность изменения диэлектрической проницаемости (показателя преломления) представляет собой эллипсоид вращения с полуосями, которые определяются конкретными пространственными распределениями. Это приводит к различным особенностям поведения волнового спектра гибридных волн (пересечению спектров, фазовому синхронизму, невзаимному преобразованию мод и т.д.) близких по поляризации к магнитным и электрическим волнам градиентной ячейки периодической структуры.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В КРУГЛОМ ОТКРЫТОМ ТРЕХСЛОЙНОМ ФЕРРИТ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ

А.В. Назаров, Е.А. Попов, М.С. Рожкова

(Нижний Новгород, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева; physics@nntu.nnov.ru)

ELECTROMAGNETIC WAVES PROPAGATION ALONG AN OPEN CIRCULAR THREE-LAYER FERRITE-DIELECTRIC WAVEGUIDE

A.V. Nazarov, E.A. Popov, M.S. Rozhkova

Рассматривается круглый открытый трехслойный феррит-диэлектрический волновод, представляющий собой продольно намагниченную ферритовую втулку, внутренний и внешний радиусы которой равны a и b соответственно, находящуюся в поперечно-неограниченной изотропной диэлектрической среде (рисунок 1).

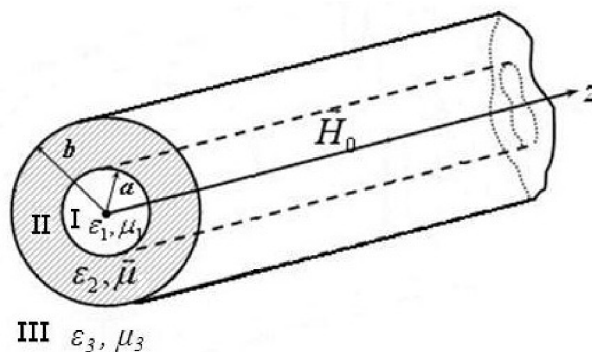


Рис. 1.